

他無線システムとの干渉検討と ラボ内試験の実施方法について

地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討会事務局

干渉検討方針

以下の3種類の干渉について、地域振興用システム内で想定されるものを検討する

- (1) 同一チャネルの干渉
- (2) 隣接チャネルの干渉
- (3) 相互変調の干渉

検討の進め方：

同一チャネル及び隣接チャネルの干渉及び共用条件については、

- 『平成10年度 電気通信技術審議会答申 諮問第94号「400MHz帯等を使用する業務用の陸上移動局等のデジタル・ナロー通信方式の技術的条件」平成10年6月29日』
- 『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成14年9月30日付け 情報通信技術分科会諮問第2009号】の情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成20年3月26日』
- 電波法関係審査基準 別図第37号の2号の検討結果及び審査値を利用する。本調査検討の課題に合致したデータを抽出し、検討・考察を行う。

相互変調の干渉及び共用条件については、

- 電波法関係審査基準 別図第38号の2の審査値を利用する。本調査検討の課題に合致したデータを抽出し、検討・考察を行う。

検討する各無線方式

変調方式	FM		$\pi/4$ シフトQPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
チャンネル間隔	12.5kHz	25kHz /20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz	25kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz	25kHz	6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
アクセス方式	SCPC	SCPC	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC	TDMA	TDMA	TDMA	SCPC	TDMA	SCPC	TDMA
多重数	1	1	1	2	4	4	1	2	4	6	1	2	1	2
送信占有周波数帯幅	8.5kHz	16kHz	5.76kHz	11.52kHz	24.3kHz	24.3kHz	5kHz	10kHz	24kHz	18.3kHz	3.4kHz	6.8kHz	4kHz	8kHz
伝送速度/情報帯域	0.3～3.0kHz	0.3～3.0kHz	9.6kbps	19.2kbps	32kbps	36kbps	16kbps	32kbps	64kbps	64kbps	0.3～3.4kHz	0.3～3.4kHz	4.8kbps	9.6kbps
ロールオフ率	-	-	0.2	0.2	0.5	0.35	0.25	0.25	0.5	0.2	-	-	0.2	0.2
等価受信帯域幅	8.5kHz	16kHz	4.8kHz	9.6kHz	18kHz	18kHz	4kHz	8kHz	16kHz	16kHz	3.4kHz	6.8kHz	4kHz	8kHz
雑音	-21.5dB μ V	-18.8dB μ V	-24.0dB μ V	-21.0dB μ V	-18.3dB μ V	-18.3dB μ V	-24.8dB μ V	-21.8dB μ V	-18.8dB μ V	-18.8dB μ V	-25.5dB μ V	-22.5dB μ V	-24.8dB μ V	-21.8dB μ V
E_b/N_0 @ BER=1%	-	-	7.0dB	7.0dB	7.0dB	7.0dB	7.9dB	7.9dB	7.9dB	7.9dB	-	-	10.5dB	10.5dB
CNR @ BER=1% 又はSINAD/NQ	12.0dB (SINAD)	20.0dB (NQ)	10.0dB	10.0dB	10.0dB	10.0dB	13.9dB	13.9dB	13.9dB	13.9dB	12.0dB (SINAD)	12.0dB (SINAD)	11.3dB	11.3dB
NF	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB	8.0dB
機器マージン	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB	6.0dB
受信感度	6dB μ V	6dB μ V	0dB μ V	3.0dB μ V	5.7dB μ V	5.7dB μ V	3.1dB μ V	6.1dB μ V	9.1dB μ V	9.1dB μ V	0.5dB μ V	3.5dB μ V	0dB μ V	2.3dB μ V
基準感度	6.0dB μ V	6.0dB μ V	0dB μ V	3.0dB μ V	6.0dB μ V	6.0dB μ V	3.0dB μ V	6.0dB μ V	9.0dB μ V	9.0dB μ V	0dB μ V	3.0dB μ V	0dB μ V	3dB μ V

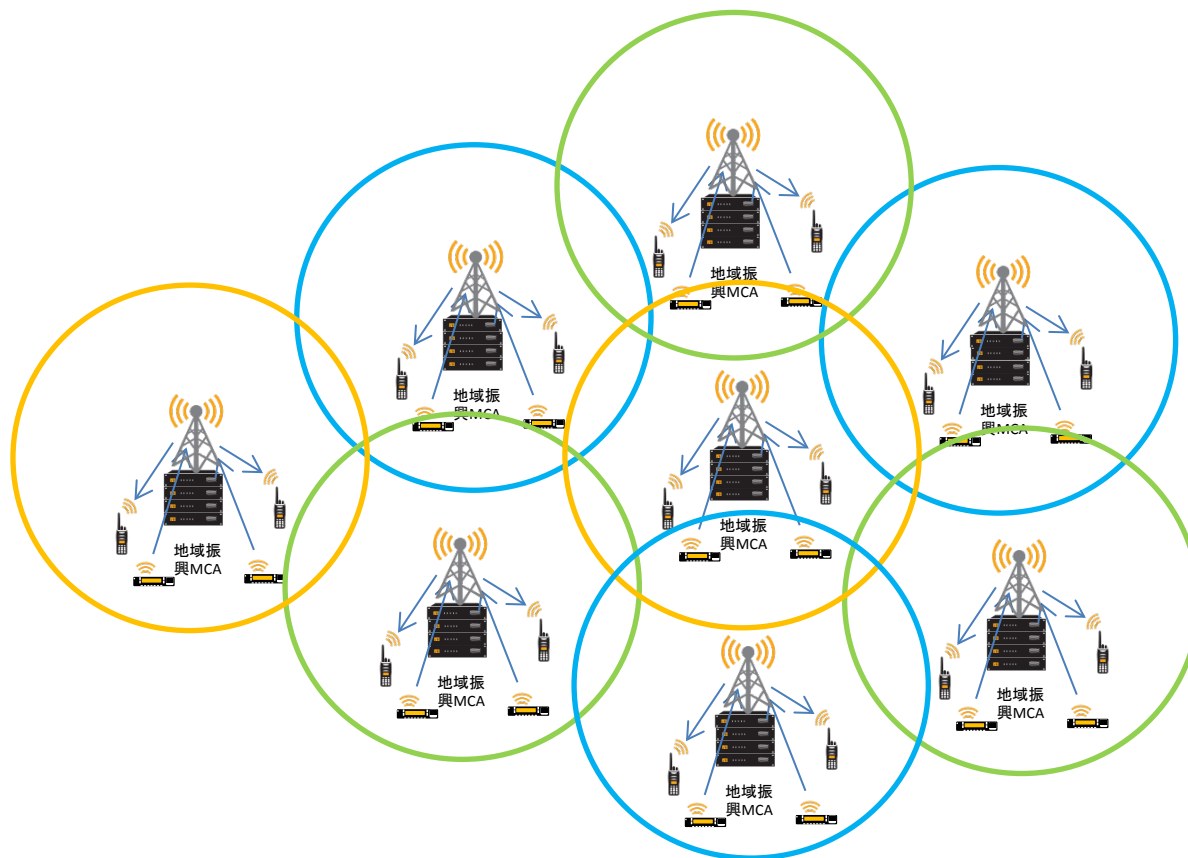
同一チャネルの干渉モデル

同じ周波数(チャネル)を別の地域で繰り返し利用する

距離や地形により、他の地域の電波が届いてしまうと混信妨害になる

→ 不要な電波が弱ければ良い

受信したい電波(希望波=Desired Signal)に対して邪魔をする電波(妨害波=Undesired Signal)がどれだけのレベル(D/U比)であれば受信できるかを把握する。



同一チャネル 周波数共用条件

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る技術的条件」に関する一部答申【平成14年9月30日付け 情報通信技術分科会諮問第2009号】の 情報通信審議会 情報通信技術分科会 小電力無線システム委員会報告 平成20年3月26日』より

妨害波 希望波		FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5k Hz	20kH z	6.25k Hz	12.5k Hz	25kH z 32kb ps	25kH z 36kb ps	6.25k Hz	12.5k Hz	25kH z		6.25k Hz	12.5k Hz	6.25k Hz	12.5k Hz
FM	12.5kHz	4		5	3	3		9	6	3	3	6	6	7	4
	20kHz		2	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3
QPSK	6.25kHz	13	9	12	8	6		11	9	6	6	12	9	10	8
	12.5kHz	14	13	11	11	9		11	11	9	9	12	12	10	11
	25kHz・ 32kbps	12	12	11	10	10		10	10	10	10	12	12	10	10
	25kHz・ 36kbps	12	12	10	10	10		10	10	10	10	12	12	10	10
16QAM	6.25kHz	18	13	15	13	11		16	13	11	11	16	13	16	13
	12.5kHz	19	18	16	16	13		16	16	13	14	16	16	16	16
	25kHz	19	18	15	15	15		15	15	15	15	15	15	15	15
M16QAM		18	18	17	17	17		17	17	17	17	17	17	17	17
RZ SSB	6.25kHz	11	6	11	8	6		12	8	6	5	12	9	12	11
	12.5kHz	12	10	12	11	9		12	11	8	8	12	12	12	12
4値FSK	6.25kHz	11	6	11	8	6	5	12	9	6	5	12	8	12	9
	12.5kHz	9	9	10	10	7	---	10	10	7	7	11	10	10	10

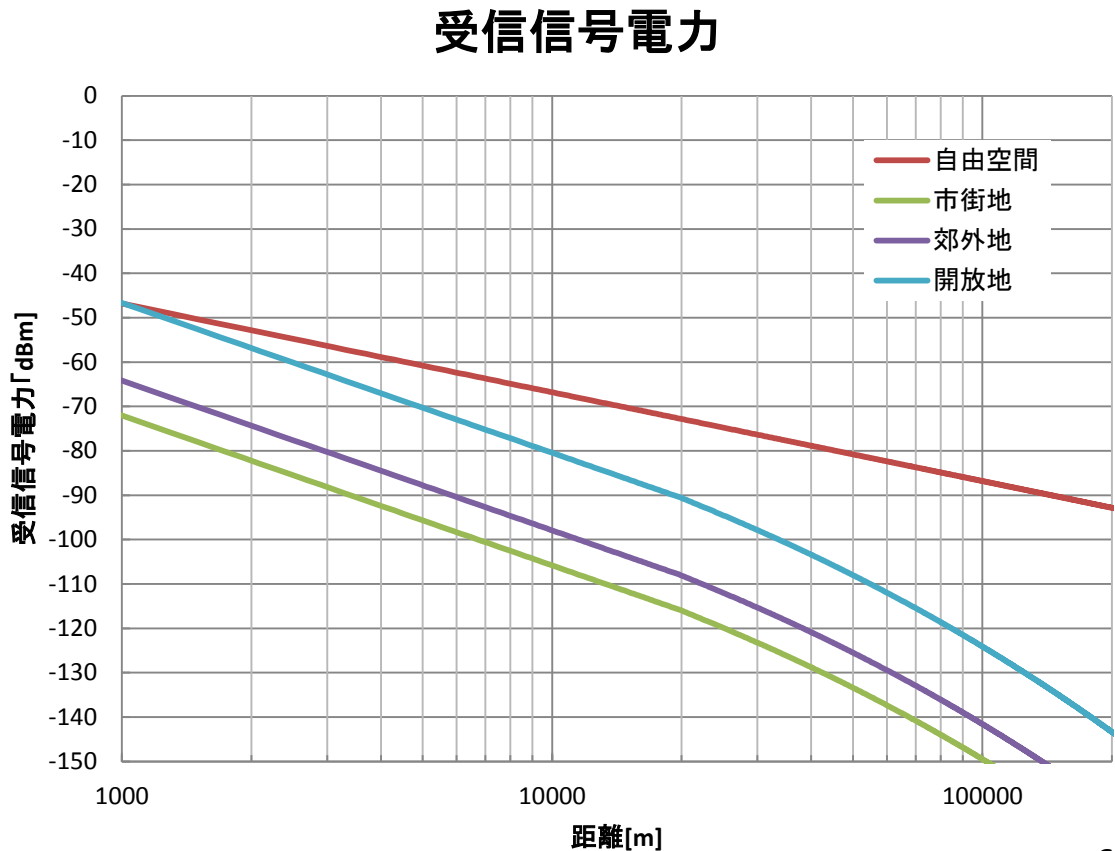
希望波レベルを基準感度+30dBとし、妨害波信号レベルを可変してBER=1% or 12dB SINADとなるDU比[dB]を求めたもの。

同一チャネル周波数共用条件

前頁の表は、D/U[dB]で表記されている。

4値FSKの希望波を受信するためには、アナログFM(12.5kHz)の妨害波は、希望波よりも11dB低い必要がある。基準感度0dBμV(-113dBm)より11dB低い-124dBm以下の妨害波レベルであれば、実用上通話に影響がない。空中線高50mの基地局(実効輻射電力5W)の場合の信号強度を下図に示す。例えば市街地で-124dBm以下とするには離隔距離約33kmが必要となる。

同様にアナログFM(12.5kHz)の希望波を受信するためには、4値FSKの妨害波は、希望波よりも7dB低い必要がある。基準感度6dBμV(-107dBm)より7dB低い-114dBm以下の妨害波レベルであれば、実用上通話に影響がない。例えば市街地で-114dBm以下とするには離隔距離約18kmが必要となる。



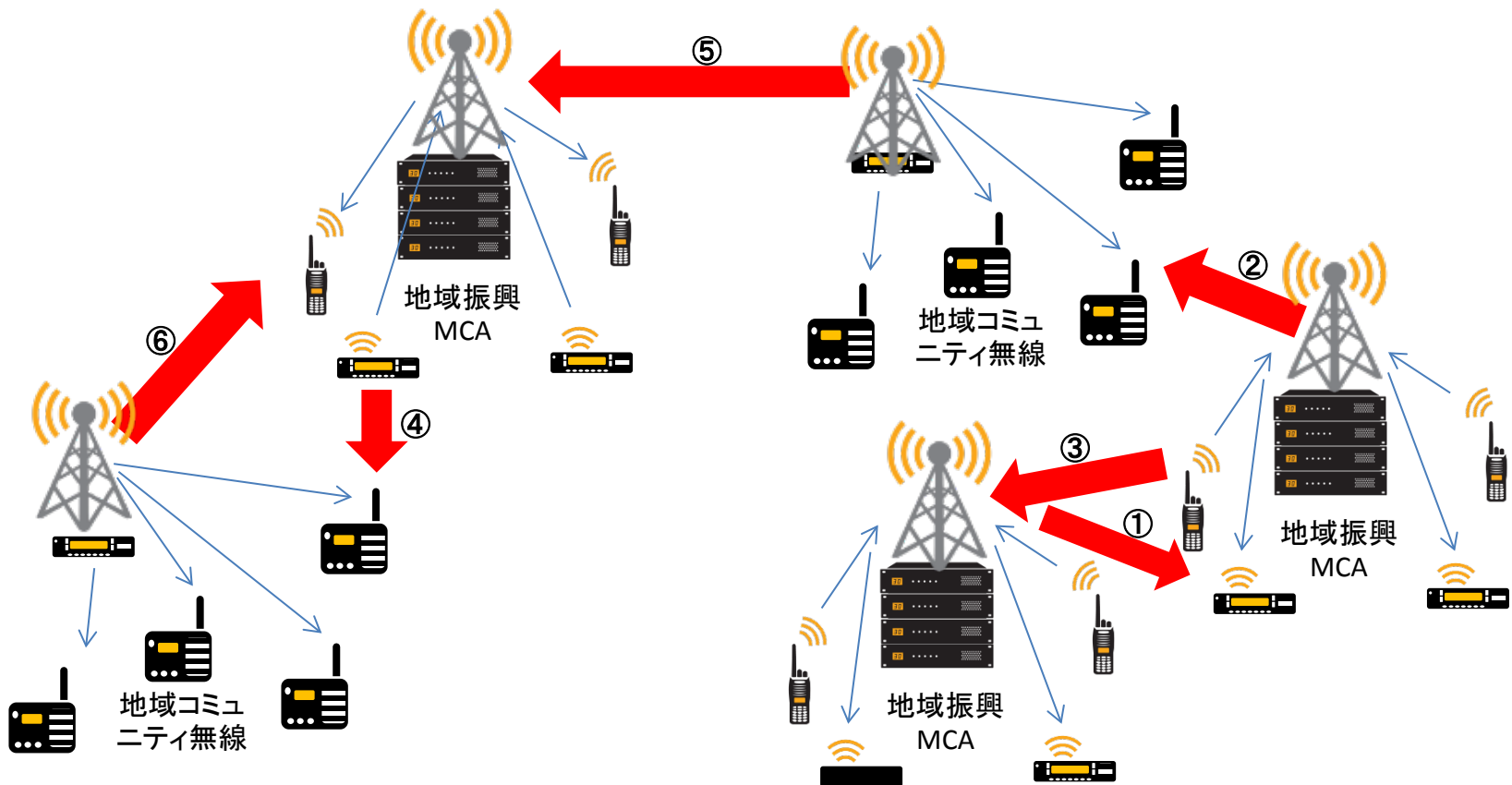
隣接チャネルの干渉モデル

地域振興の周波数(チャネル)は連続している。

同一地域や隣接する地域で隣接チャネルを使用すると、受信機や送信機特性により受信に影響を受ける

→ 不要な電波が弱ければ良い、不要な電波の周波数が離れていればよい

受信したい電波(希望波=Desired Signal)に対して邪魔をする電波(妨害波=Undesired Signal)がどれだけのレベル(D/U比)であれば、また周波数がどれだけ離れていれば受信できるかを把握する。



隣接周波数共用条件

希望波 妨害波		FM		QPSK				16QAM			M16 QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5k Hz	20kH z	6.25k Hz	12.5k Hz	25kH z 32kb ps	25kH z 36kb ps	6.25k Hz	12.5k Hz	25kH z		6.25k Hz	12.5k Hz	6.25k Hz	12.5k Hz
FM	12.5kHz	11.60		12.37	13.62	19.22		11.67	14.62	19.92	19.12	11.27	11.62	10.57	12.35
	20kHz		15.80	17.59	19.71	23.81		17.49	18.91	24.21	22.91	13.69	14.21	15.09	14.14
QPSK	6.25kHz	11.97	14.89	6.20	9.10	14.31		5.40	8.10	14.21	12.31	5.40	6.80	6.07	9.82
	12.5kHz	14.52	17.21	9.20	12.33	17.58		8.80	11.53	17.78	15.58	8.60	9.93	9.01	12.49
	25kHz ・ 32kbps	19.02	22.11	14.91	17.98	25.10		14.71	16.98	23.50	21.50	9.71	10.88	14.46	14.72
	25kHz ・ 36kbps	19.42	22.31	15.61	18.78	24.80		15.61	17.78	24.50	22.50	9.71	10.88	14.71	14.78
16QAM	6.25kHz	12.17	14.99	5.40	8.70	14.41		4.60	7.70	14.41	12.41	4.70	6.20	5.92	9.82
	12.5kHz	14.52	17.31	8.30	11.43	16.68		7.80	10.53	16.68	14.78	7.70	9.03	8.55	12.41
	25kHz	20.22	22.91	14.71	17.98	23.60		14.51	16.98	23.60	21.70	12.71	13.98	11.05	15.18
M16QAM		17.72	21.31	12.61	15.88	21.70		12.61	14.58	21.80	19.60	12.61	13.98	11.08	15.22
RZ SSB	6.25kHz	10.67	13.79	5.80	8.30	14.51		5.30	7.90	14.31	14.71	5.30	6.60	5.36	9.58
	12.5kHz	12.32	15.51	7.60	10.53	16.38		7.10	10.13	15.88	16.58	7.10	8.53	7.36	11.36
4値FSK	6.25kHz	10.67	14.11	5.72	8.82	14.63	14.82	5.34	8.06	14.63	12.07	5.47	7.38	5.72	9.44
	12.5kHz	11.13	13.83	9.44	12.29	17.59	---	9.14	11.40	17.60	15.66	7.42	9.28	8.53	11.63

希望波信号レベルを基準感度+30dBとし、妨害波信号レベルをD/U=-40dBに設定してBER=1% or 12dB SINADとなる Δf (中心周波数差)を求めたもの。

周波数配置案

希望波	妨害波	FM		QPSK				16QAM			M16QAM	RZ SSB		4値FSK	
		12.5kHz	20kHz	6.25kHz	12.5kHz	25kHz 32kbps	25kHz 36kbps	6.25kHz	12.5kHz	25kHz		6.25kHz	12.5kHz	6.25kHz	12.5kHz
FM	12.5kHz	12.5		12.5	15.625	21.875		12.5	15.625	21.875	21.875	12.5	12.5	12.5	12.5
	20kHz		20	18.75	21.875	25		18.75	21.875	25	25	15.625	15.625	15.625	15.625
QPSK	6.25kHz	12.5	15.625	6.25	9.375	15.625		6.25	9.375	15.625	12.5	6.25	9.375	6.25	12.5
	12.5kHz	15.625	18.75	9.375	12.5	18.75		9.375	12.5	18.75	15.625	9.375	12.5	9.375	12.5
	25kHz ・ 32kbps	21.875	25	15.625	18.75	28.125		15.625	18.75	25	21.875	12.5	12.5	15.625	15.625
	25kHz ・ 36kbps	21.875	25	15.625	21.875	25		15.625	18.75	25	25	12.5	12.5	15.625	15.625
16QAM	6.25kHz	12.5	15.625	6.25	9.375	15.625		6.25	9.375	15.625	12.5	6.25	6.25	6.25	12.5
	12.5kHz	15.625	18.75	9.375	12.5	18.75		9.375	12.5	18.75	15.625	9.375	9.375	9.375	12.5
	25kHz	21.875	25	15.625	18.75	25		15.625	18.75	25	21.875	15.625	15.625	12.5	15.625
M16QAM		18.75	21.875	15.625	18.75	21.875		15.625	15.625	21.875	21.875	15.625	15.625	12.5	15.625
RZ SSB	6.25kHz	12.5	15.625	6.25	9.375	15.625		6.25	9.375	15.625	15.625	6.25	9.375	6.25	12.5
	12.5kHz	12.5	15.625	9.375	12.5	18.75		9.375	12.5	18.75	18.75	9.375	9.375	9.375	12.5
4値FSK	6.25kHz	12.5	15.625	6.25	9.375	15.625	15.625	6.25	9.375	15.625	12.5	6.25	9.375	6.25	12.5
	12.5kHz	12.5	15.625	12.5	12.5	18.75	---	9.375	12.5	18.75	18.75	9.375	9.375	9.375	12.5

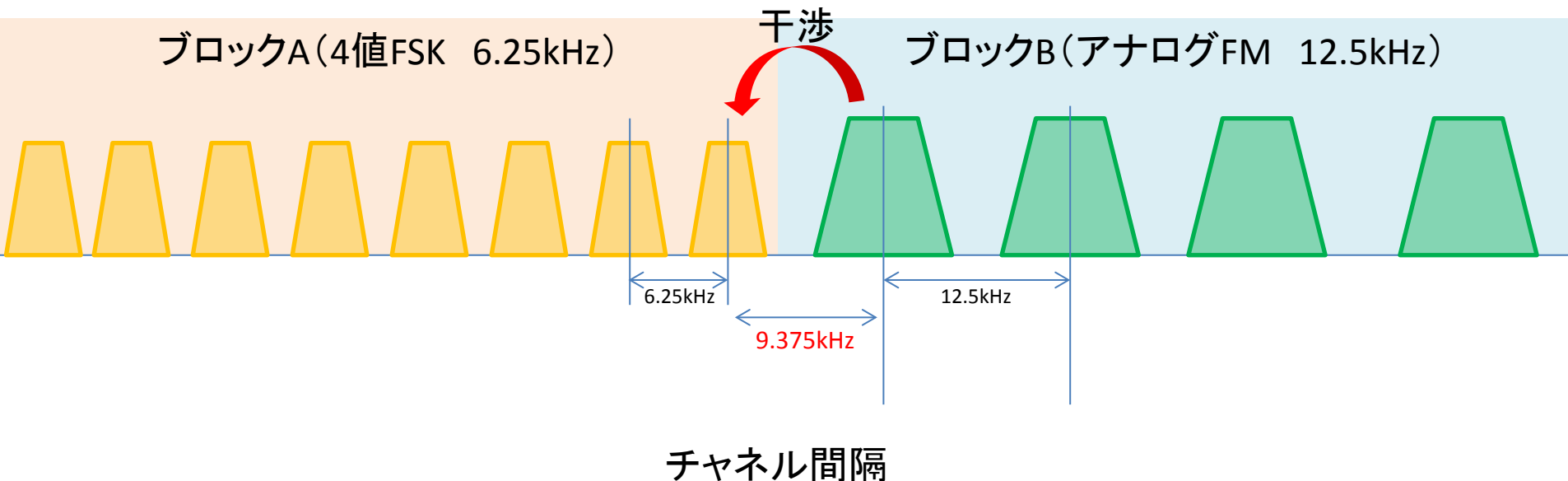
前ページの周波数離隔を満足する3.125kHzステップでのチャンネル間隔をまとめたもの

黄色に塗られた部分は、デジタル地域振興用システム(MCA方式)と既存の地域振興MCA(アナログ)の組み合わせの中で、双方のチャンネル間隔を合計して2で割った値よりも大きいところ(関係については次ページ参照)

隣接周波数共用条件 (周波数配置によって干渉が発生する場合)

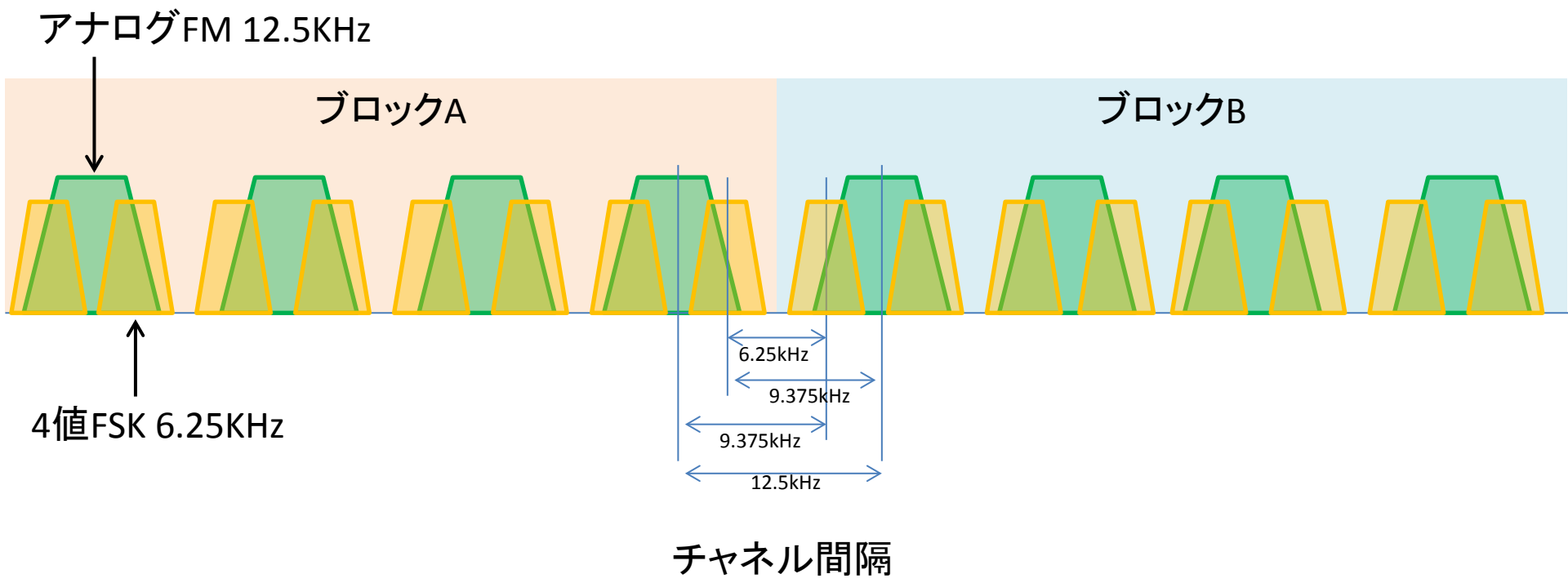
例えば4値FSK (6.25kHz)の希望波を受信するためには、アナログFM(12.5kHz)の妨害波は、P8隣接周波数共用条件の表より相互の割り当て周波数が10.67kHz離れている必要がある。

下図のようにブロックAに4値FSK、ブロックBにアナログFMが配置された場合、チャンネル間隔は9.375kHzとなり、前述の必要な離隔周波数が確保できない。必要な離隔周波数が確保できない場合は、妨害波の電力の一部が受信帯域に入るため干渉が発生する。



隣接周波数共用条件

P9の周波数配置案の中で黄色く塗られた組み合わせでは、ブロックが隣接した場合に必要な周波数離隔が確保できないため、割り当て検討の際には考慮が必要となる。



ラボ内検証試験(同一チャネル干渉)

測定方法① (妨害波＝デジタル)

- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB (30dBμV=-83dBm)に設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 妨害波信号を4値FSK PN15符号とし、希望波と同一周波数に設定する。
- (3) 妨害波をBERが1%となるレベルに調整し、そのレベルを記録する。
- (4) 希望波レベルと妨害波レベルの値からD/Uを算出する。

以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

測定方法② (妨害波＝アナログ)

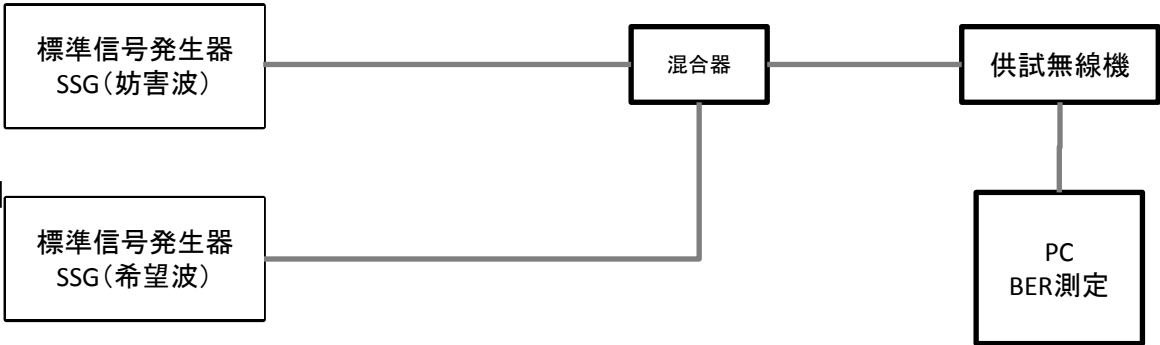
- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB (30dBμV=-83dBm)に設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 妨害波信号をアナログFM 400Hz信号1.5kHzデビエーションとし、希望波と同一周波数に設定する。
- (3) 妨害波をBERが1%となるレベルに調整し、そのレベルを記録する。
- (4) 希望波レベルと妨害波レベルの値からD/Uを算出する。

以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

評価:

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる
自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る
技術的条件」に関する一部答申【平成14年9月
30日付け 情報通信技術分科会諮問第2009号】
の情報通信審議会 情報通信技術分科会
小電力無線システム委員会報告
平成20年3月26日』
と比較・考察を行う



同一チャネル干渉測定構成

ラボ内検証試験(隣接チャネル干渉)

測定方法① (妨害波＝デジタル)

- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB(30dBμV=-83dBm)に設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 妨害波信号を4値FSK PN15符号とし、レベルを希望波+40dBm(-43dBm、D/U=-40dB)に設定する。
- (3) 妨害波周波数をBERが1%となる周波数に調整し、上側、下側それぞれの周波数を記録する。
- (4) 希望波周波数と妨害波周波数の差を算出する。

以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

測定方法② (妨害波＝アナログ)

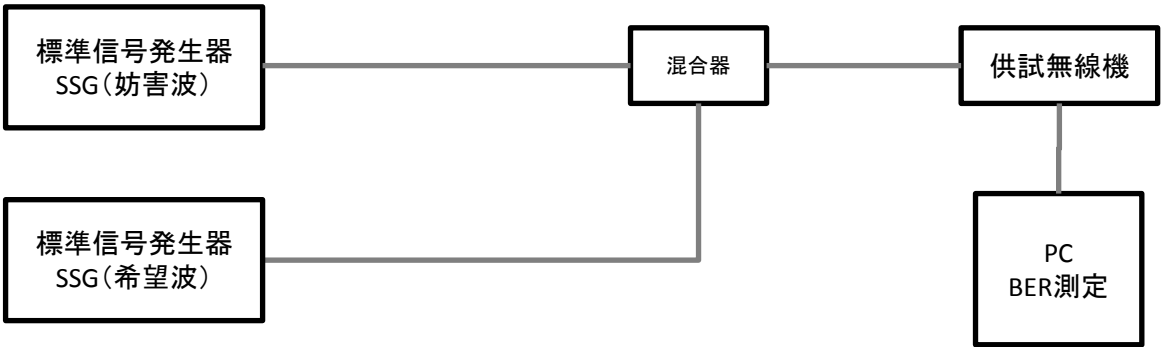
- (1) 希望波信号レベルを基準感度+30dB(30dBμV=-83dBm)に設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 妨害波信号をアナログFM 400Hz信号1.5kHzデビエーションとし、レベルを希望波+40dBm(-43dBm、D/U=-40dB)に設定する。
- (3) 妨害波周波数をBERが1%となる周波数に調整し、上側、下側それぞれの周波数を記録する。
- (4) 希望波周波数と妨害波周波数の差を算出する。

以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

評価:

『「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件について」のうち「小電力を用いる
自営系移動通信の利活用・高度化方策に係る
技術的条件」に関する一部答申【平成14年9月
30日付け 情報通信技術分科会諮問第2009号】
の情報通信審議会 情報通信技術分科会
小電力無線システム委員会報告
平成20年3月26日』
と比較・考察を行う



隣接チャネル干渉測定の構成

ラボ内検証試験(近接チャネル感度抑圧)

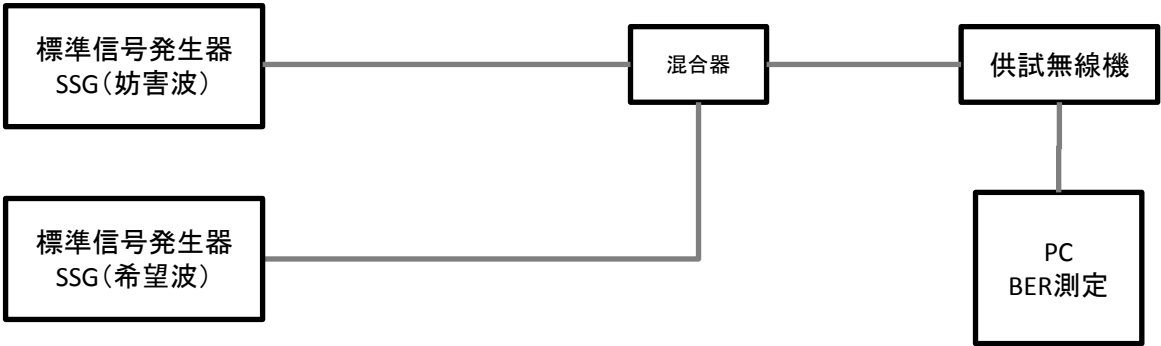
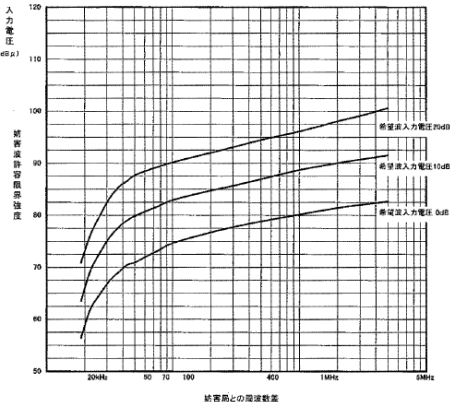
測定方法① (妨害波＝デジタル)

- (1) 希望波信号レベルを0dBμV、6dBμV、10dBμV、20dBμVに設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 妨害波信号を4値FSK PN15符号とし、妨害波のレベルをBERが1%となるレベルに調整してそのレベルを記録する。妨害波の周波数は、以下の離隔(±とも)で測定する。
6.25kHz, 12.5kHz, 18.75kHz, 25kHz, 31.25kHz, 37.5kHz, 43.75kHz, 50kHz, 100kHz, 200kHz, 500kHz, 1MHz, 2MHz, 5MHz, 10MHz, 20MHz
- (3) 以下の組み合わせで測定する。
希望波周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

測定方法② (妨害波＝アナログ)

- (1) 希望波信号レベルを0dBμV、6dBμV、10dBμV、20dBμVに設定する。希望波信号は4値FSK PN9符号。
- (2) 妨害波信号をアナログFM 400Hz信号1.5kHzデビエーションとし、妨害波のレベルをBERが1%となるレベルに調整してそのレベルを記録する。妨害波の周波数は、以下の離隔(±とも)で測定する。
6.25kHz, 12.5kHz, 18.75kHz, 25kHz, 31.25kHz, 37.5kHz, 43.75kHz, 50kHz, 100kHz, 200kHz, 500kHz, 1MHz, 2MHz, 5MHz, 10MHz, 20MHz
- (3) 以下の組み合わせで測定する。
周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

評価:
電波法関係審査基準と照合し、
基準の改定要否を検討する



隣接チャネル干渉測定の構成

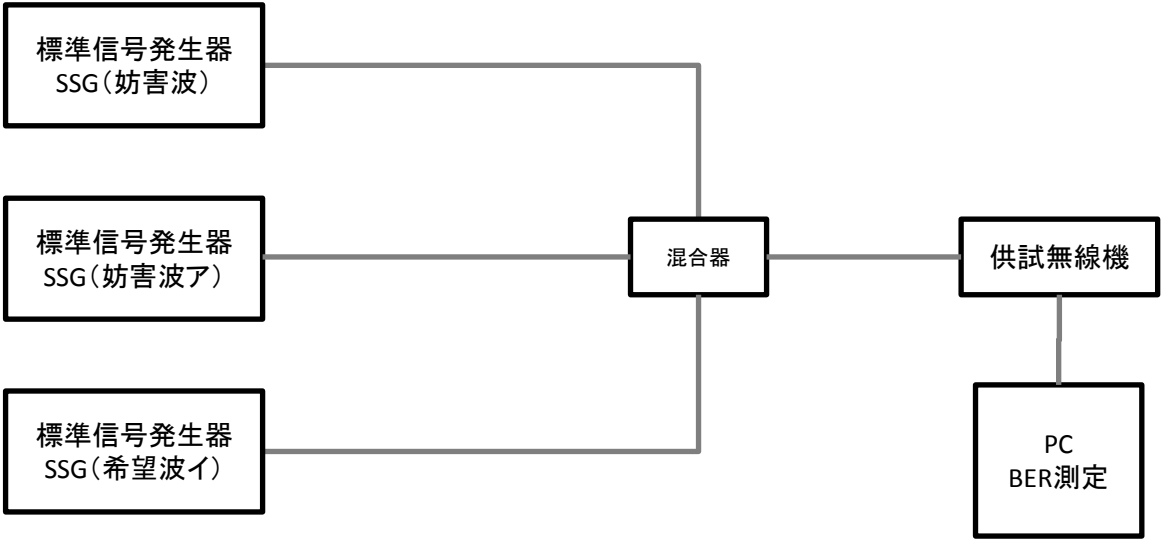
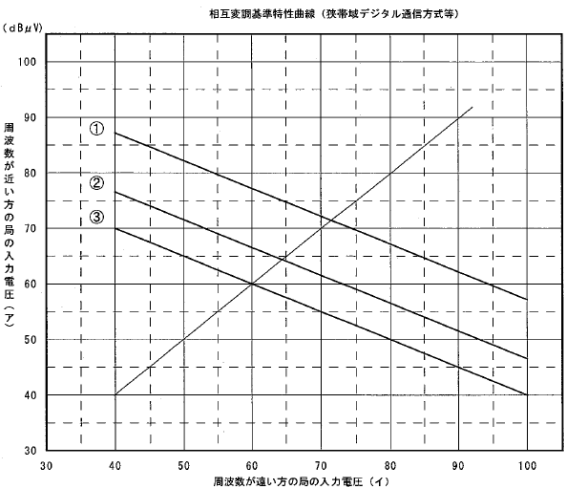
ラボ内検証試験(相互変調)

測定方法

- (1) 希望波信号レベルを最小受信感度+3dBに設定する。希望波信号はPN9符号。
- (2) 妨害波信号をPN15符号とし、妨害波アの周波数を希望波+X kHz、妨害波イの周波数を希望波+2X kHzに設定する。Xは、6.25kHz、20kHz、400kHz、1MHz、2MHz、5MHzの離隔でそれぞれ測定する。
- (3) 妨害波イのレベルをY dBμVに設定し、妨害波アのレベルをBERが1%となるレベルに調整してそのレベルを記録する。Yは、40dBμV、50dBμV、60dBμV、70dBμV、80dBμV、90dBμV、100dBμVでそれぞれ測定する。
- (4) 以下の組み合わせで測定する。

周波数: (367.615625MHz、385.615625MHz) 無線機: 基地型2台、車載型2台、携帯型2台

評価:
電波法関係審査基準と照合し、
基準の改定要否を検討する



相互変調の干渉測定の構成

他無線システムとの干渉評価と検討

- 測定及び検討結果から所要改善量について離隔距離を算出する。
- システム間の共用条件について取りまとめる。
- モンテカルロシミュレーション (ITU-R SM.2028による) を用いて干渉発生確率を評価する。
- 周波数の共用条件、配置条件を検討する。